

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ У8

Е. А. Кошелева, Н. Ю. Малькова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Проведено исследование влияния термо-циклической обработки (ТЦО) на структуру и свойства стали У8.

Ключевые слова: упрочнение, сталь, диффузия

INFLUENCE OF THERMAL-CYCLE PROCESSING ON STRUCTURE AND PROPERTY OF U8 STEEL

E. A. Kosheleva, N. Y. Malkova

Altai State Technical University, Barnaul, Russia

The research of influence of the thermal-cycle processing on structure and properties of U8 steel is conducted.

Ключевые слова: hardening, steel, diffusion

Проведено исследование влияния термо-циклической обработки (ТЦО) на структуру и свойства стали У8. ТЦО проводили по схеме, представленной на рисунке 1. Было рассмотрено пять образцов, которые нагревались каждый до соответствующей максимальной температуры T_b (таблица 1).

После проведения ТЦО образцов определялись твердость и ударная вязкость. Твердость всех образцов одинаковая – 60 HRC. Средние значения ударной вязкости по пяти образцам представлены в таблице 1.

Оптимальным является образец № 03, имеющий максимальную ударную вязкость при одинаковой твердости. Вероятнее всего в процессе термоциклирования в этом случае не происходило растворение карбидов, точнее их размер никак не изменялся.

Образец № 06 – в данном случае произошёл некоторый рост карбидов и выпадение из твердого раствора новых карбидов, в итоге матрица обеднилась по углероду – стала более мягкой, карбидные частицы перестали эффективно тормозить развитие трещин за счёт роста их среднего

диаметра (рисунки 3 и 4).

По остальным образцам – вероятно, происходит растворение и выпадение карбидов при каждом термоцикле, в результате чего часть углерода переходит в твердый раствор, увеличивая напряжения в феррите за счёт роста наведенных углеродом дислокаций. Как результат – катастрофическое снижение ударной вязкости.

Низкие значения ударной вязкости (высокая хрупкость) образцов № 12 и № 14 связаны с возникновением высоких внутренних напряжений при охлаждении (с температуры выше 820 °C), приводящим к появлению закалочных трещин.

Установлено, что с ростом максимальной температуры в цикле размер карбидных частиц уменьшается, в результате чего они уже не могут так эффективно противостоять торможению возникающих при ударе трещин. А также снижается объемная доля выделившихся частиц цементита по телу зерна феррита. Следовательно, больше выделяется цементита по границам зерна, что приводит к их охрупчиванию.

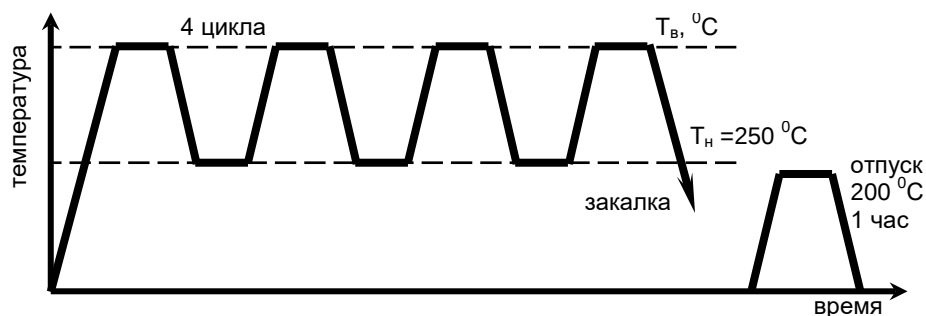


Рисунок 1 – Схема ТЦО стали У8

Таблица 1

Образец	$T_{\text{в}}, ^{\circ}\text{C}$	Твердость, HRC_3	Ударная вязкость, $\text{КС}, \text{кгс} \cdot \text{м} / \text{см}^2$	Карбиды		
				Средний диаметр, $\mu\text{м}$	Объемная доля, %	Плотность, тыс. шт. / мм^2
№ 03	780	60	29,60	0,84	11,4	140
№ 06	800	60	19,58	1,02	2,98 %	385
№ 09	820	60	2,40	0,4	0,88 %	695
№ 12	840	60	0,80	0,58	0,78 %	257
№ 14	860	60	0,20	0,33	0,4 %	240



а



б

Рисунок 2 – Микроструктуры образцов стали У8 после ТЦО: а) образец № 03 ($T_{\text{в}} = 780^{\circ}\text{C}$); б) образец № 14 ($T_{\text{в}} = 860^{\circ}\text{C}$)

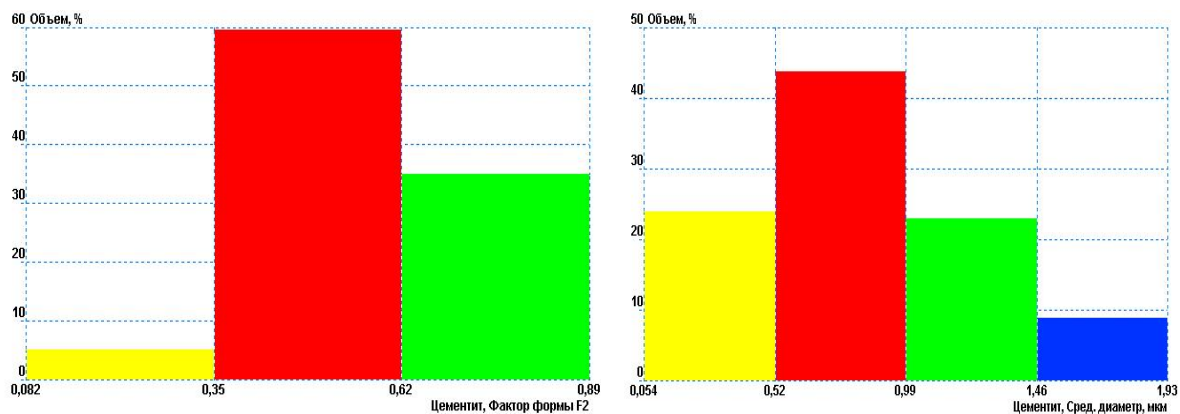


Рисунок 3 – Оценка фактора формы и размеров частиц цементита в образце № 03

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ У8

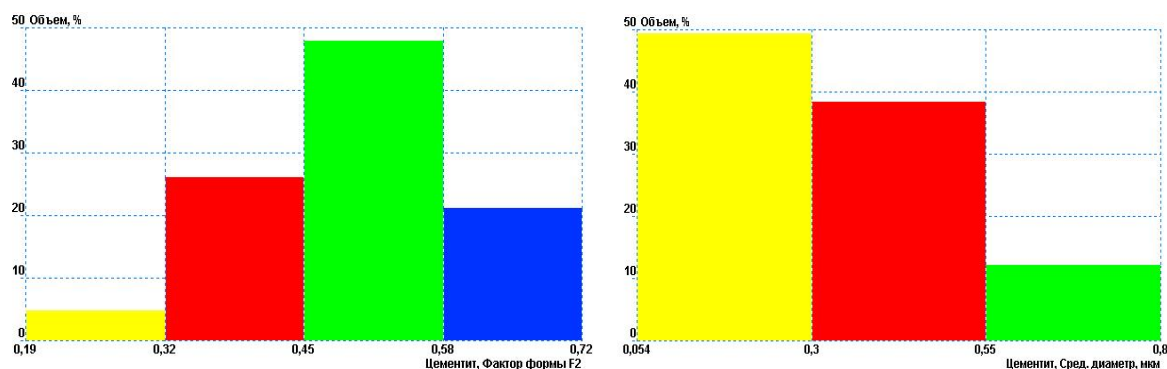


Рисунок 4 – Оценка фактора формы и размеров частиц цементита в образце № 14

Список литературы

1. Лыгденов Б.Д., Хараев Ю.П., Грешилов А.Д., Гурьев А.М. Термоциклирование. Структура и свойства. – Барнаул, 2014.
2. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. Физические основы термоциклического борирования. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 216 с.
3. Гурьев, М. А. Разработка нового метода легирования поверхности отливок / М. А. Гурьев, С. Г. Иванов, И. А. Гармаева, Я. Дон, Ш. Мэй, Б. Д. Лыгденов, А. М. Гурьев // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8–1. – С. 103–105.
4. Гурьев, А. М. Диффузионное термоциклическое упрочнение поверхности стальных изделий бором, титаном и хромом / А. М. Гурьев, Б. Д. Лыгденов, С. Г. Иванов, О. А. Власова, Е. А. Кошелева, И. А. Гармаева, М. А. Гурьев // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2007. – Т. 4. – № 1. – С. 30–35.
5. Гурьев, А. М. Многокомпонентное диффузионное упрочнение поверхности деталей машин и инструмента из смесей на основе карбида бора / А. М. Гурьев, А. Д. Грешилов, Е. А. Кошелева, С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, А. Г. Иванов, А. А. Долгоров // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2010. – № 2. – С. 19–23.
6. Иванов, С. Г. Диффузионное насыщение сталей из насыщающих обмазок / С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Е. А. Кошелева, Т. А. Бруль // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 4. – С. 38.
7. Гурьев, А. М. Новые методы диффузионного термоциклического упрочнения поверхности стальных изделий бором совместно с титаном и хромом / А. М. Гурьев, Б. Д. Лыгденов, С. Г. Иванов, О. А. Власова, И. А. Гармаева, Е. А. Кошелева, М. А. Гурьев // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 10. – С. 84–85.
8. Иванов, С. Г. Комплексное насыщение сталей бором и хромом – борохромирование / С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Е. А. Кошелева, О. А. Власова, М. А. Гурьев // Ползуновский альманах. – 2008. – № 3. – С. 53.
9. Кошелева, Е. А. Исследование поверхности стали при комплексном диффузионном упрочнении / Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2014. – № 2. – С. 158–161.
10. Иванов, С. Г. Зависимость износостойкости сталей 45 и Х12М от морфологии диффузионных покрытий / С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, И. А. Гармаева, О. А. Власова, Т. Г. Иванова, Н. Г. Бильтриков, Е. А. Кошелева, А. М. Гурьев // Ползуновский альманах. – 2014. – № 2. – С. 137–143.
11. Кошелева, Е. А. Разработка методов интенсификации химико-термоциклической обработки инструментальных сталей / Е. А. Кошелева, А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, О. А. Власова // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 10. – С. 48.
12. Гурьев, А. М. Диффузионное упрочнение поверхности сталей бором совместно с хромом, вольфрамом и титаном / А. М. Гурьев, Б. Д. Лыгденов, М. А. Гурьев, И. А. Гармаева, Мэй Шунчи, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 23–28.
13. Гурьев, А. М. Исследование фракционного состава насыщающих смесей для химико-термической обработки сталей / А. М. Гурьев, С. А. Иванова, Е. А. Кошелева, Мэй Шунчи // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 63–66.
14. Гармаева, И. А. Одновременное насыщение бором, хромом и титаном углеродистых и легированных сталей / И. А. Гармаева, А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, Е. А. Кошелева, Мэй Шунчи // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 117–121.
15. Гурьев, М. А. Разработка нового способа поверхностного упрочнения деталей машин и инструмента / М. А. Гурьев, С. Г. Иванов, Е. А. Кошелева, А. М. Гурьев // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 153–156.
16. Гармаева, И. А. Микротвердость покрытий на стали 45, полученных борированием и одновременным насыщением бором, хромом и титаном / И. А. Гармаева, Т. Г. Иванова, Е. А. Кошелева, А. М. Гурьев // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 165–168.
17. Кошелева, Е. А. Повышение прочности инструментальных сталей / Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2015. – № 2. – С. 133–134.
18. Кошелева, Е. А. Методы поверхностного упрочнения деталей машин и инструмента / Е. А. Кошелева, С. Г. Иванов, И. Л. Шишкова // V Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь – 2008», Барнаул: – Изд-во АлтГТУ, 2008. – С. 54–56.

19.Иванов, С. Г. Комплексное насыщение сталей бором и хромом – борохромирование / С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Е. А. Кошелева, О. А. Власова, М. А. Гурьев // Ползуновский альманах. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ – 2008. – № 4 – С. 53–54.

20.Кошелева, Е. А. Оптимизация химического состава насыщающих смесей при диффузионном упрочнении инструментальных сталей / Е. А. Кошелева, Е. А. Нестеренко, А. Г. Иванов, А. М. Гурьев // Труды VI Международной научной школы-конференции «Фундаментальное и прикладное материаловедение» / Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – С. 179–183.

21.Гурьев, М. А. Перспективные методы получения упрочняющих покрытий / Гурьев М.А., Кошелева Е.А., Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Галаа О. - Барнаул, 2016. - 182 с.

22.Кошелева, Е. А. Перспективные методы получения упрочняющих покрытий / Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 195–197.

23.Иванов, С. Г. Формирование диффузионного покрытия на титане из смеси на основе карбида бора / С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, Т. Г. Иванова, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2015. – № 2. – С. 165–168.

24.Гурьев, М. А. Поверхностное легирование деталей в процессе их производства методом литья по газифицируемым моделям / М. А. Гурьев, С. Г. Иванов, Е. В. Черных, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2015. – № 2. – С. 173–175.

25.Гурьев, М. А. Технология нанесения многокомпонентных упрочняющих покрытий на стальные детали / М. А. Гурьев, Д. С. Фильчаков, И. А. Гармаева, С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Г. А. Околович // Ползуновский вестник. – 2012. – № 1-1. – С. 73–78.

26.Лыгденов, Б. Д. Диффузионное борирование быстрорежущей стали р18 / Б. Д. Лыгденов, А. Д. Грешилов, А. Ц. Мижитов, М. А. Гурьев, Е. А. Кошелева // Расчет, диагностика и повышение надежности элементов машин: межвуз. сб. под ред. В. А. Вагнера; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. – Вып. 7 (ч. 1). – С. 40 – 44.

27.Гурьев, М. А. Оптимизация состава многокомпонентной насыщающей смеси на основе бора и хрома для поверхностного легирования сталей / М. А. Гурьев, Е. А. Кошелева, С. Г. Иванов // Ползуновский альманах. – 2010. – № 1. – С. 131–135.

28.Гурьев, А. М. Способ упрочнения стальных деталей / А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, О. А. Власова, Е. А. Кошелева, М. А. Гурьев, Б. Д. Лыгденов // патент на изобретение RUS 2381299 12.05.2008.

29.Гурьев, А. М. Термоциклическое борирование как метод повышения прочности инструментальных сталей / А. М. Гурьев, О. А. Власова, Б. Д. Лыгденов, И. А. Гармаева, А. М. Кириенко, С. Г. Иванов, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2007. – № 1–2. – С. 85–88.

30.Кошелева, Е. А. Разработка методов химико-термоциклической обработки деталей машин и инструмента / Е. А. Кошелева, О. А. Власова, Е. А. Нестеренко, А. М. Гурьев // XIV Международная

научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии» / Сборник трудов в 3-х томах. – Т. 2. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – С. 92–93.

31.Guriev, A. M. Diffusion saturation of steels from coats / S. G. Ivanov, B. D. Ligdenov, O. A. Vlasova, E. A. Kocheleva, I. A. Garmaeva, A. C. Mijitov // VIII Miedzynarodowa Konferencja Naukowa. Czestochowa, 25 maja 2007. – P. 141–145.

32.Guriev, A. M. Complex saturation of steels by boron and chrome / A. M. Guriev, S. G. Ivanov, O. A. Vlasova, E. A. Kosheleva, M. A. Guriev // International scientific conference «Nowadays, future and faced problems of metallurgy and machinery field». Ulaanbaatar, 19-21 September, 2008. – P. 179–183.

33.Иванов, С. Г. Диффузионное хромирование сталей из насыщающей обмазки / С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, С. А. Земляков, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ. – 2006. – № 3. – С. 191.

34.Кошелева, Е. А. Разработка способа термоциклического борохромирования деталей машин и инструмента / Е. А. Кошелева, С. Г. Иванов, О. А. Власова, М. А. Гурьев, Т. Г. Другова, А. М. Гурьев // IV Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь – 2007», Барнаул: – Изд-во АлтГТУ, 2007. – С. 45–48.

35.Кошелева, Е. А. Эффективность комплексного насыщения сталей бором и хромом – борохромирования / Е. А. Кошелева, С. Г. Иванов, Е. А. Нестеренко // VI Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь – 2009», Барнаул: – Изд-во АлтГТУ, 2009. – С. 105–106.

36.Гурьев А.М. Физические основы химико-термоциклической обработки сталей Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Попова Н.А., Козлов Э.В. Барнаул, 2008.

37.Иванов, С.Г. Исследование процессов диффузионного насыщения сталей из смесей на основе карбида бора / Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Власова О.А., Гурьев М.А. // Современные наукоемкие технологии. - 2008. - № 3. - С. 33.

38.Гурьев, А.М. Совершенствование технологии химико-термической обработки инструментальных сталей / Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Власова О.А. // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). - 2009. - № 1. - С. 14-15.

39.Кошелева, Е.А. Технология многокомпонентного диффузионного упрочнения поверхности деталей машин и инструмента для энергетического машиностроения / Кошелева Е.А., Иванов С.Г., Нестеренко Е.А., Гурьев М.А., Земляков С.А., Власова О.А., Иванов А.Г. // Ползуновский вестник. - 2010. - № 1. - С. 106-113.

Кошелева Елена Алексеевна – к. т. н., доцент
Малькова Наталья Юрьевна – ст. преподаватель
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), г. Барнаул, Россия